Vol. 76-. LA SCIENZA DEL POPOLO 1869-N. 81
Raccolta di letture scientifiche popolari in Italia

BIBLIOTECA a C.i 25 IL VOLUME

LE

FERROVIE ECONOMICHE

ED IL

SISTEMA DI LOCOMOZIONE-MISTA ALFREDO COTTRAU

LETTURA

tenuta in un'adunanza scientifica privata
in Napoli nel Maggio 1869

DALL' INGEGNERE

FR. CARLO PAOLO BOUBÉE

MILANO
E. TREVES, Editore della BIBLIOTECA UTILE

1869

LE FERROVIE ECONOMICHE

ed il sistema di locomozione-mista Alfredo Cottrau

Signori,

Le grandi linee ferroviarie, quelle che sono destinate a congiungere fra loro i centri principali di commercio e d' industria di una nazione, ed a porre questi centri in comunicazione con quelli dei paesi limitrofi, hanno già conseguito in Europa tutto lo sviluppo che poteva desiderarsi. E salvo eccezione, si può fin da ora considerare la rete ferroviaria europea di primo ordine come già completata.

Queste grandi linee, ad imitazione delle arterie di un corpo smisurato, alimentano una rete secondaria di piccole arterie mercè

le quali le prime ricevono la circolazione e la vita. Tali diramazioni hanno anche raggiunto da circa 15 anni un notevole sviluppo, ed havvi ben pochi paesi dove si risenta il bisogno di estendere maggiormente questa rete di secondo ordine.

Ma affinchè quel corpo smisurato possa conseguire tutta la prosperità che le grandi comunicazioni possono arrecargli, ed affinchè sia reso possibile e stabile il grande equilibrio del commercio, dell'industria, dei bisogni e del progresso, è altresì necessario di stabilire una terza rete vastissima di piccole linee, le quali dieno agio a qualunque località posta a distanza dalle grandi arterie di partecipare alla circolazione universale e di arrecarle il suo piccolo contingente di vita e di movimento. Queste linee del 3.° ordine alimenteranno quelle del 2.°, nello stesso modo che queste ultime alimentano le arterie di 1.° ordine.

Quanto maggiore è il numero dei torrenti che corrono in un medesimo influente, e quanti più sono gl'influenti che si ver-

sano in un medesimo fiume, tanto più imponente e grandioso sarà il corso di questo fiume. Ma allo stesso modo che non vedonsi fiumi ed influenti completamente a secco, così pure il movimento ed il traffico sulle linee del 1.° e del 2.° ordine non possono diventare inferiori a certi limiti. Le linee del 3.° ordine soltanto possono, a simiglianza dei torrenti, presentare momenti di siccità. — Questa ragione è quella che ha fatto sempre esitare le grandi Società Industriali a studiare profondamente la quistione, ed i governi ad incoraggiare in modo efficace le Società suddette. Non pertanto, e quantunque numerose erano le difficoltà che presentavansi in un primo esperimento di ferrovie economiche, parecchi sistemi vennero proposti da varii ingegneri, e specialmente in Inghilterra, nella Scozia e nella Svezia; e da qualche anno la maggior parte di essi sistemi ricevettero una applicazione; ma finora nessuna di queste linee aperte all'esercizio ha dato risultamenti abbastanza soddisfacenti, perchè le

Ferrovie economiche si fossero generalizzate con la medesima rapidità che le grandi linee: in Italia, come in Ispagna, in Austria ed in molti altri paesi, queste linee di 3° ordine trovansi disgraziatamente tuttora allo stato di miti. Ed intanto, è in Italia, più che da per ogni dove, che il bisogno si appalesa di una grande rete di linee secondarie.

A cagione della sua configurazione, al disotto della linea del Pò, l'Italia offre la possibilità di due sole grandi arterie: la prima sul versante dell'Adriatico e del Jonio, la seconda sul versante del Tirreno. Havvi poi la necessità di ricongiungere queste arterie mediante 4 o 5 linee trasversali. Si vede adunque che la rete di 2.° ordine riducesi a ben poca cosa, in confronto all'estensione che dovrebbe avere quella del 3.° ordine. Or l'Italia, dove lo sviluppo delle grandi linee Ferroviarie ha acquistato importanza da soli pochi anni, avrebbe dovuto fin da principio, e contemporaneamente, occuparsi alacremente dell'impianto delle piccole linee economiche,

le quali solamente potevano e possono tuttavia assicurare la prosperità di tutte le parti del territorio italiano, e garantire allo stesso tempo l'avvenire delle sue grandi arterie mediante la vita ed il movimento generale. — In Francia, in Inghilterra e nel Belgio, la costruzione delle Ferrovie è stata una conseguenza naturale della ricchezza pubblica e della immensa quantità di mezzi di trasporto secondarii e locali già esistenti, mentre in Italia le Ferrovie sono quelle che crear debbono, per così dire, il movimento commerciale, massimamente nelle provincie meridionali ed insulari, e che debbono spingere i Comuni a creare e a moltiplicare i mezzi secondarii di trasporto. — Sventuratamente la mancanza di un sistema pratico soddisfacente da adottarsi per linee di 3.° ordine, ha fatto rivolgere finora tutta l'attività sulle sole vie principali di comunicazione. Non è chi non possa constatare quali meschini risultati si sieno ottenuti in questo modo, sia nell' interesse dello Stato, sia per le Compagnie, e sia sopratutto per gli abitanti.

Quei luoghi dove il Commercio e l'industria fiorivano molto prima dell'introduzione delle strade Ferrate, si trovano oggi favoriti dal lusso di queste comunicazioni; ma tali comunicazioni (uno dei precipui agenti della civilizzazione) non per anco sono penetrate in quelle località dove il Commercio e l'Industria trovansi sempre allo stato latente.

Il titolo di *Strade Ferrate economiche* che vien dato alle linee del 3.° ordine dice abbastanza che in una siffatta rete non devesi pretendere al medesimo lusso che è indispensabile sulle ferrovie di un ordine superiore, e che bisogna solo cercare di stabilire queste piccole linee con la *minima spesa possibile nell'impianto* e con la *massima economia nell'esercizio.* Per modo che tutta la quistione può ridursi ai due punti seguenti:

1.° Il sistema da adottarsi ed il tracciato debbono avere pochissime difficoltà di terreno da superare:

2.° Le spese di trazione e di esercizio debbono essere minori e sensibilmente

di Napoli

proporzionali all'importanza del traffico delle località attraversate dalla ferrovia economica.

Esaminiamo a quali condizioni si può sperare di raggiungere simili scopi.

In quanto al tracciato è indispensabile di evitare l'acquisto di terreni costosi; di rimanère per quanto è possibile a mezza costa dei colli e dei monti, per ovviare all'inconveniente dei grandi movimenti di terra come sarebbero argini e trincee; di evitare le opere d'arte ed i tunnel che fanno aumentare considerevolmente le spese d'impianto; di adattarsi per conseguenza *alle curve ed alle pendenze naturali* della campagna; infine di sottomettersi alla maggior parte delle condizioni locali (1).

Da tali considerazioni nasce l'assoluta necessità di ammettere nelle piccole linee pendenze fortissime e curve di piccolo raggio.

Il secondo punto della quistione, quello

(1) Tali considerazioni debbono ritenersi come affatto generali, giacchè esse poss no alle volte essere modificate vantaggiosamente nelle applicazioni speciali.

cioè che riflette le spese di trazione e di esercizio, poggia interamente sulla riduzione al *minimo* del personale dell'Amministrazione e dell'esercizio, su di una manutenzione facile o poco costosa della piattaforma stradale, e finalmente sulla potenza ed economia del motore.

Pienamente convinto di queste verità, l'Ingegnere Cav. Alfredo Cottrau, di Napoli, il cui nome è già abbastanza conosciuto sì in Italia che all'estero quale ingegnere per le Costruzioni metalliche delle ferrovie meridionali, studiò indefessamente l'importante quistione, e nel mese di Dicembre 1865 pubblicò il primo suo sistema di ferrovie economiche, in un opuscolo intitolato: « *Sulle Strade ferrate Provinciali e Comunali da costruirsi in Italia* ». Il ministro dei lavori pubblici, Sig. Jacini, addimostrò molto interesse per questo lavoro (il primo di tal genere che fosse stato fino a quell' epoca pubblicato in Italia o all'estero), e nominò immediatamente una Commissione con l' incarico di esaminare attentamente la questione, nel mentre che

dal canto suo l'Ingegnere Cottrau, in un 2.° opuscolo (pubblicato in Febbrajo 1866), occupatasi di far conoscere tutti i dettagli che si riferivano al sistema che egli proponeva. — Nel Marzo dello stesso anno 1866 la Commissione, a Presidente della quale eravi l'insigne Generale del Genio, il Conte Federico Menabrea (attualmente presidente del consiglio dei ministri), pronunziò un giudizio favorevolissimo sul sistema Cottrau, ed anzi un relativo progetto di legge (nella relazione del quale il nome del Cottrau era più volte inserito) venne dal ministro Jacini presentato alla Camera dei Deputati. Gl'importanti avvenimenti politici che ebbero luogo nel corso di quell'anno stornarono naturalmente l'attenzione del governo, e la discussione sul progetto di legge Jacini fu rimandata a tempi migliori. Finalmente fu nel Marzo 1867, allora cioè che il Cottrau, mediante la pubblicazione di un 3.° opuscolo sul suo sistema, ridestò l'interesse generale, che il Sig. De Vincenzi, ministro dei lavori pubblici in Italia, diede incarico all'Ingegnere Biglia, Ispet-

tore generale delle strade ferrate, di studiare all'estero tutte le linee economiche già in esercizio al punto di vista sì tecnico che economico.

L'egregio rapporto che l'Ingegnere Biglia presentò al Ministero, nell'Ottobre 1867, fè conoscere chiaramente che tutti i sistemi in uso sulle linee che furono da lui studiate, offrono più o meno degli inconvenienti abbastanza serii, acciò essi non possano servire qual tipo generale per le vie di 3.° ordine. Alcune di queste hanno troppo costato nel loro impianto, altre hanno un prodotto troppo debole a fronte delle spese di trazione, sia per la poca importanza del traffico nelle località che attraversano, sia per l'ingente spesa giornaliera che richiede il motore e l'esercizio in generale. — Il difetto principale che venne osservato è quello di aver voluto troppo assimilare il servizio di queste piccole linee a quello delle grandi arterie.

L'instancabile Ing. Cottrau non si era però contentato di aver dato la sveglia in Italia, e di aver spronato gli uomini

competenti a studiare a fondo, come lui, un tale argomento; ma egli stesso erasi di nuovo posto allo studio. Egli ha quindi riveduto, corretto, modificato il primitivo suo progetto; ha analizzato nelle loro singole parti tutti i sistemi finora adoperati, e procedendo per via di esclusioni, ed arrecando nei risultati quelle modificazioni che gli venivano suggerite dall'esperienza, egli è finalmente giunto ad un nuovo sistema di *strade ferrate economiche* che per tutti i riflessi è il più soddisfacente (1).

Naturalmente il Sig. Cottrau non ha dato ancora grande pubblicità al suo lavoro, aspettando per ciò fare che, o il governo o le compagnie lo abbiano preso in considerazione, e gliene assicurino l'applicazione. Egli ha intanto sottomesso le

(1) Questo nuovo sistema venne fin dal Marzo 1856 proposto dal Cottrau al Commendatore Bona, Direttore generale delle Ferrovie Meridionali, per la linea di diramazione Termoli — Campobasso — Telese. Tal progetto è dunque anteriore al sistema proposto in Francia per le ferrovie economiche dal Sig. Larmanjat ed il quale si fonda sullo stesso principio che serve di base al sistema Cottrau.

sue idee al giudizio di varii fra i più distinti Ingegneri italiani.

Percorrendo la 2ª parte dell' Annuario Scientifico (1) del 1868 che si pubblica in Milano, ho avuto occasione di leggere un articolo importante del chiaro Ing. Colombo, professore di meccanica nella R. Scuola degl'ingegneri in Milano, nel quale i principali vantaggi del sistema in parola, erano notificati con espressioni molto lusinghiere. Mi feci allora ardito di chiedere al Sig. Cottrau, già mio amico e conoscente, notizie più precise e dettagliate sui punti più rilevanti del suo lavoro. La mia preghiera venne accolta favorevolmente, ed oggi sono al caso di esporre, nei limiti che sonmi imposti e col sussidio delle opinioni già formulate dal detto Sig. Colombo, dall'egr. Ing. Ruva, Direttore dell'esercizio delle Ferrovie Meridionali, e da altri eme-

(1) Quest'Annuario, fondato nel 1864 dai Sig. L. Trivellini e F. Crispigni, forma un opera delle più pregevoli e completa. La sua redazione è affidata ai più eminenti professori italiani, e la sua importanza in Italia è oggimai ben stabilita.

riti ingegneri, qual'è il sistema proposto del Cav. Cottrau come tipo generale delle Strade Ferrate economiche, e quale sia il tipo del motore che è il complemento, anzi la base, del medesimo sistema.

Lo scopo che mi son prefisso in quest' opuscoletto non è quello di tessere un panegirico oppure una critica; ho soltanto impegno di far conoscere la soluzione data dal Cottrau alla grave quistione delle linee di 3.° Ordine, con l'analisi ragionata di questa soluzione; e nel contempo spero così di richiamare l'attenzione del Governo sulla *necessità* e *possibilità* d'impiantare al più presto queste strade economiche.

Da tutti si deplora, e con ragione, il miserando stato attuale delle Finanze italiane. — Ebbene! vuolsi creare immediatamente un mezzo potentissimo per riconquistare in pochi anni il credito pubblico, per rialzare le finanze, ed assicurare infine la prosperità della nazione e quella dei suoi proventi? Covrite la superficie della penisola con una fitta rete di linee economiche; lasciate per tal modo che il

Commercio e l'Industria penetrino in tutte quelle provincie e quelle città che per la loro posizione geografica e topografica non possono godere del beneficio delle grandi arterie; arrichite così tutte le singole parti che costituiscono il gran *Tutto* del l'Italia, ed evidentemente voi arricchirete questo *Tutto!*

Ciò premesso, entro nell'argomento.

L'invenzione o meglio l'applicazione delle cosidette locomotive stradali aveva fatto dapprima sperare di annullare le difficoltà che si presentavano nelle linee economiche; ma non andò guari che fu da tutti riconosciuto essere questo mezzo di locomozione affatto insufficiente per delle strade di 3.° ordine che possono fornire un mediocre traffico. Un tal sistema si rende utilissimo allorchè trattasi del trasporto di grossi carichi con *piccolissima* velocità (fra 4 ed 8 Chilometri all'ora al più); ma in Italia, a cagione del prezzo elevatissimo del combustibile, non avrebbesi probabilità di successo anche con velocità così ridotte. In Inghilterra, in Francia e nel Belgio, *fra*

limiti molto ristretti, le locomotive stradali sono ammissibili, giacchè in queste contrade esse sono principalmente destinate ad aiutare l'agricoltura, trasportando nei campi le macchine agricole, facendole funzionare sopra luogo, e trasportando quindi nelle città i prodotti della campagna. Con un tal sistema, la gran resistenza delle strade ordinarie aumenta considerevolmente le spese di trazione e diminuisce per conseguenza l'utilità della locomozione mediante il vapore.

Fa duopo dunque ricorrere alla via ferrata; l'esperienza stessa ha dimostrato nei casi i più sfavorevoli la superiorità delle linee economiche armate di ruotaie sulle strade ordinarie servite dalle locomotive stradali.

Epperò, ammesso il principio che per il buon impianto di una linea di 3.° ordine devesi diminuire mediante le ruotaie la resistenza della carica del convoglio alla trazione, ne segue la necessità di una locomotiva speciale, la quale, per l'aderenza delle ruote motrici sulla via, possa trasfor-

mare in lavoro utile la più gran parte del suo potere di trazione, tanto nelle curve di piccolo raggio, quanto sulle pendenze eccezionali alle quali devesi *evidentemente* sottomettere il tracciato di queste linee.

Il sistema che propone il Sig. Cottrau è l'attuazione del principio, che abbiamo ora esposto. In riassunto, ecco in che consiste:

La linea dovrà impiantarsi, per quanto è possibile, sulle strade carrettiere già esistenti; l'armamento della via sarà identico, *ma molto più leggiero* di quello delle grandi linee; l'allontanamento fra asse ed asse delle ruotaie sarà quindi di 1,50; il materiale mobile poggierà interamente sulle ruotaie, ad eccezione delle due grandi ruote motrici che poggieranno sul corpo stradale compreso fra le ruotaie (1).

(1) Tale disposizione del materiale mobile dà immediatamente ad intendere come l'armamento di queste piccole linee sia più leggiero di quello delle grandi arterie. Ed invero, sulle strade ferrate ordinarie il peso enorme delle locomotive poggianti sulle ruotaie, richiede un armamento molto pesante, mentre nel sistema Cottrau la locomotiva poggia sul terreno battuto; il binario quindi, non avendo a sopportare altro peso che quello della carica, potrà farsi leggierissimo senza compromettere in nulla la sicurezza ella trazione.

Daremo in seguito tutti i dettagli relativi a questa locomotiva-mista speciale.

Da questo breve cenno già scorgesi come le linee economiche di questo sistema possono partecipare in un modo speciale al benefizio delle strade carrettiere, e partecipare eziandio al benefizio delle grandi ferrovie, con le quali quelle del terzo ordine si troveranno per tal modo in intima e diretta relazione.

Ma facciamoci ad esaminare il progetto sotto tutti i riflessi, incominciando dal punto di vista tecnico.

1. *Il tracciato.* Quantunque intorno al tracciato non siavi alcuna specialità da notare, avvegnachè qualunque sia il sistema che voglia adottarsi, dovrà sempre la linea sottoporsi alle condizioni enunciate precedentemente, non bisogna però dimenticare che il signor Cottrau insiste acciò in Italia, dove le strade consolari hanno una grande larghezza (9 a 10 met. almeno) il tracciato venga applicato su queste strade; e tacitamente questo ingegnere trovasi pur anco dichiarare che il suo modo di

trazione è capace di vincere tutte le difficoltà di curve e di pendenze che necessariamente incontransi su tali linee.

2. *La larghezza del binario*. La quistione del binario ha una debole importanza al punto di vista tecnico, epperò la sua analisi si collegherà piuttosto alla sua influenza economica.

L'Ingegnere Biglia, nel succitato suo rapporto, dopo avere dettagliatamente mostrato i vantaggi e gl'inconvenienti che appalesano le linee del 3.° ordine aperte all'esercizio all'estero, e per le quali la larghezza del binario varia da 1,m 50 (linee dell'Alsazia e della Svezia), a 0,m 61 (linea di Festiniog in Inghilterra), crede doverne inferire che « le linee a sezione ridotta « offrono maggior vantaggio di quelle a « larghezza normale ogni qualvolta il pro« dotto netto è inferiore a certi dati li« miti, e che il servizio della linea può « farsi con due soli treni al giorno di an« data e ritorno ». E più appresso soggiunge che « in quanto alle ferrovie di « 3.° ordine in Italia, vi sarebbe conve-

« nienza ad adottare il sistema Svedese
« con una larghezza di binario da 1.m 10
« a 1.m 20 ».

Noi non sapremmo interamente rigettare le opinioni del Sig. Biglia, avendole questi formolate dietro il risultato ottenuto dai suoi studi sopra luogo delle principali strade ferrate economiche dell'estero; ma dal suo rapporto medesimo rivelàsi un fatto molto importante, cioè che tutte queste linee aperte in questi ultimi anni all' esercizio hanno, come già abbiamo dichiarato, dei serii svantaggi, e che le condizioni locali hanno il più delle volte determinato qual sia la larghezza da darsi al binario. Epperò crediamo lecito di dubitare che il tipo Svedese, altrettanto quanto un altro tipo a sezione ridotta, sia appunto quello che converrebbe meglio adottare nelle ferrovie economiche italiane.

È incontrastabile che la sezione ridotta offre gl'immensi vantaggi: di abbisognare minori espropriazioni di terreno, di permettere delle curve di piccolissimo raggio, e di rendere l'armamento ed il materiale

mobile più leggieri; mentre, in apparenza, la larghezza normale non offre altro benefizio se non che quello di evitare i trasbordi. A prima giunta saremmo quindi indotti a dare la preferenza alla sezione ridotta; nonpertanto sarebbe temerario pronunciare un giudizio assoluto su tale argomento. Vedremo in seguito quanta poca influenza la larghezza del binario esercita nell'insieme del Sistema-Cottrau, nel quale tutti i vantaggi della sezione ridotta non diventano difficoltà da vincersi con la larghezza normale, e che per conseguenza resterà in favore di quest'ultima il gran benefizio di evitare i trasbordi, e per così dire, di meglio incastrare la rete delle grandi linee con quella delle strade economiche, e di permettere altresì a queste vie di diverso ordine di aiutarsi vicendevolmente il caso occorrendo.

3.º *Il modo di trazione.* Ora siam giunti al punto culminante della quistione.

I più grandi ostacoli da vincersi sulle linee economiche sorgono dalle forti pendenze. La diminuzione di resistenza che

è un vantaggio caratteristico della locomozione sopra ruotaie, diventa un grave inconveniente per la trazione quando la via è molto inclinata. Difatto, in questo caso, *l'aderenza* fra le ruotaie e le ruote motrici dalla locomotiva, aderenza che viene generata da quel che chiamasi *peso aderente*, cioè a dire il peso che gravita sulle ruote motrici, può diventare insufficiente rispetto alla resistenza del convoglio, e la locomotiva scivolerà sul binario invece di progredire.

L'egregio ingegnere Colombo stima potersi attenuare in gran parte questo difetto di aderenza coll'accoppiare tutte le ruote della macchina, e facendo concorrere nel *peso aderente* la carica degli approvigionamenti di acqua e combustibile (*giammai* però esagerando il *peso specifico*, quello cioè che corrisponde all'unità di forza della macchina); e quando simili mezzi riescano ancora deboli, ricorrendo come nel sistema Fell a certi organi speciali di aderenza. Purtuttavia questo Ingegnere non crede che la necessità asso-

luta di aumentare l'aderenza meccanicamente sia pienamente dimostrata o comprovata dall' esperienza.

Che un aumento dato al peso aderente debba produrre una maggiore aderenza, è indubitabile; ma non si dimostra con ciò che l'aderenza sia una funzione diretta del solo peso aderente. Se ciò fosse, invero, dovrebbesi ammettere che per una locomotiva il cui peso aderente è costante durante tutto il tragitto di una linea, si produce in tutte le circostanze di pendenze, di curve, di orizzontalità della via, la medesima quantità di aderenza, qualunque sieno la stagione, le condizioni atmosferiche, lo stato del binario ed il potere di trazione. Ora ciò è evidentemente assurdo: spandete dell' olio sopra le ruotaie, l'aderenza delle ruote motrici sarà insufficiente, la macchina scivolerà senza avanzare, e l'aderenza non sarà ristabilita che quando si sarà cambiato la natura della superficie in contatto col cerchione delle ruote motrici, spandendo per esempio dell' arena sulle parti oleate delle ruotaie. La quan-

tità di aderenza non dipende adunque esclusivamente dal peso aderente.

L'intensità dell'aderenza deve essere considerata come una funzione diretta del coefficiente di adesione delle superficie in contatto; essa dipende quindi dalla natura di queste superficie e principalmente dalla materia di cui esse sono formate; *il peso aderente* non entra in questa funzione che come una costante indeterminata. I limiti del valore dell'aderenza dovuta al solo *peso aderente* sono, secondo le esperienze fatte sulle strade ferrate dell'Est in Francia, da $\frac{1}{6}$ ad $\frac{1}{9}$ di questo medesimo peso per locomotive ordinarie, cioè a dire per le macchine in cui l'aderenza si produce al contatto di due superficie di ferro. Cambiate la natura o la materia di queste superficie, conservando il medesimo valore al peso aderente, e cambierete altresì l'intensità dell'aderenza.

I coefficienti di *attrito* debbono pure entrare nella composizione del valore dell'aderenza, essendo che l'attrito si sviluppa

al contatto delle superficie contemporaneamente all' aderenza.

Queste considerazioni mostrano qual difficoltà siavi a dare una formola generale che in ogni circostanza dia la quantità di aderenza utile, cioè quella forza per la quale lo sforzo di trazione del motore si traduce in lavoro utile. Bisogna quindi contentarsi di ricorrere ai dati sperimentali, e precisamente a quelli che danno il rapporto dello sforzo di trazione alla carica totale (1).

(1) Vuolsi da alcuni ingegneri che sulle strade ferrate ordinarie l'aderenza non manca mai; perchè essi tacitamente ammettono una carica ed una velocità ben determinata. Egli è evidente che diminuendo questa velocità, ed aumentando proporzionatamente la carica, l' aderenza potrebbe mancare in un dato momento; e se con un mezzo qualunque si sviluppasse una maggior quantità di vapore, si sviluppasse cioè una forza superiore nel motore, tale forza è interamente perduta al di là di certi limiti. Con le locomotive ordinarie aumentando la vaporizzazione non si può aumentare che la velocità: non devesi dimenticare che la carica *massima* trascinata da queste macchine è determinata unicamente dal peso che gravita sulle ruote motrici moltiplicato per il coefficiente di aderenza di queste ruote sulle ruotaie. Cosicchè è falso il dire in un modo generale che sulle strade ferrate ordinarie l' aderenza è sempre sufficiente, ma bisogna invece dire che, *ammesso la velocità* (poco economica) delle nostre grandi

Il Sig. Larpent, Ingegnere, in alcuni suoi studii sull'aumento della potenza delle locomotive, studii che furono presentati alla Società degli Ingegneri Civili di Parigi nella seduta del 27 Settembre 1867, ci fornisce i risultamenti teorici e pratici dell'effetto utile di queste macchine ordinarie sulle varie pendenze che possono accadere su di una linea:

Con pendenze inferiori a 0m,08 per metro, il peso rimorchiato è sempre maggiore del peso del motore; sulla pendenza del 0m,08, il peso è uguale a quello della locomotiva; al di là di 0m,08 per metro, il peso rimorchiato è inferiore a quello del

linee, *e le loro pendenze limitate,* l'aderenza è sempre sufficiente.

Nel sistema Cottrau, un aumento di vaporizzazione può tradursi con un dippiù di carica trascinata. E però al solo punto di vista della trazione, se con rampe inferiori a 0m,015 per metro questo sistema non presenta vantaggi sensibili sulle ferrovie ordinarie, esso sarà tanto più vantaggioso per quanto più le pendenze saranno forti; e sopra linee veramente economiche, cioè a dire dove richiedesi soltanto una *forte* carica trascinata con *debole* velocità, il sistema Cottrau diventa molto superiore a quello usuale. Ad ogni modo è fuor di dubbio che per la costruzione le linee del sistema Cottrau sono molto più *economiche* che le grandi arterie. (Estratto di una lettera del Sig. Cottrau).

motore; e finalmente sulla pendenza del $0^m,165$ la locomotiva non può trascinare che il proprio suo peso.

Da ciò si deduce che anche sulla rampa inammissibile del $0^m,165$ l'aderenza della macchina non manca (le ruote motrici poggiando sulle ruotaie), e che soltanto a quel limite l'aderenza non può più tradursi in lavoro utile.

Da un'altra parte esaminiamo i risultati ottenuti mercè le locomotive-stradali (le ruote motrici delle quali poggiano sul terreno ordinario in buono stato di manutenzione), e scegliamo di preferenza una locomotiva-stradale del sistema Aveling e Porter che vien riconosciuto generalmente come il migliore.

Il peso di questa macchina, della forza nominale di 10 Cavalli-vapore, è di circa 13 tonnellate; la velocità varia da 4 ad 8 Chilometri all'ora; il consumo del carbone Newcastle, per 10 ore effettive di lavoro, è di circa 500 chilogrammi.

Le cariche che una tale locomotiva-stradale può trascinare sono:

30 a 40 tonnellate con pendenze inferiori
a 0m,025 per metro
25 id. su pendenze di 0m,080 p. m.
12 id. id. 0m,120 p. m.

Questi risultamenti sono convincenti: da un lato spese fortissime di trazione, dall'altro un lavoro utile relativamente debole. Tali macchine non possono dunque soddisfare alle esigenze delle linee di 3.° ordine. Il difetto capitale del sistema non è quello di avere aumentato l'aderenza del motore, col sostituire la strada ordinaria alle ruotaie al contatto delle ruote motrici; ma di avere *aumentato nello stesso tempo, invece di diminuirla, la resistenza della carica* del convoglio alla trazione. L'aumento di aderenza che è un *vantaggio* per il motore, è un *immenso svantaggio* per la carica da rimorchiarsi; giacchè l'aderenza della carica è una resistenza, mentre quella della macchina è una potenza.

Nel modo di trazione con le locomotive ordinarie troviamo dunque una insufficienza di aderenza del motore, in quello con le locomotive stradali troviamo invece esube-

ranza di aderenza della carica del convoglio. Il Sistema-Cottrau rimedia a questi inconvenienti: esso fonde assieme, per cosi dire, i due diversi modi di trazione, e mediante questa fusione egli raddoppia i vantaggi di ciascun sistema, ed ottiene, al *minimum*, un vantaggio totale quadruplo di quello ottenuto con ognuno dei modi di trazione preso separatamente.

Supponiamo difatto che per trascinare un carro su di una strada ordinaria sia necessario di produrre uno sforzo di trazione soltanto doppio di quello che farebbe scorrere il medesimo carro sulle ruotaie; non cambiamo la potenza nè l'aderenza del motore: l'effetto utile sarà doppio allorquando il carro poggerà sulle ruotaie; adesso non cambiamo la carica, e raddoppiamo la quantità di aderenza del motore, col fare appoggiare le ruote motrici sul terreno battuto: l'effetto utile sarà di nuovo raddoppiato. Adottiamo da ultimo il sistema-Cottrau che riunisce le nostre due ipotesi, l'effetto utile risulterà evidentemente 4 volte maggiore. Ma tale risultato

è *di molto inferiore al vero,* giacchè per trascinare un carro su di una strada ordinaria si richiede uno sforzo per lo meno 4 volte più grande di quello che basta a rimorchiare lo stesso carro sulle ruotaie; d'altronde, se non è ammesso che l'aderenza del motore può diventare tripla o quadrupla, egli è però incontrastabile che riducendo al $^1/_4$ la resistenza del Convoglio alla trazione, ed aumentando solo del doppio la quantità di aderenza della macchina, avremo in totalità un effetto utile 8 volte più grande.

È importante di citare all' appoggio di queste considerazioni il quadro seguente, estratto dal *Carnet des Ingénieurs* (11ª *edizione di Giulio Gaudry, Parigi, Libreria Lacroix e Baudry,* 1860 *pag.* 112). (Vedasi Morin, *lezioni di Meccanica* e Aide *mémoire*).

Quadro dei rapporti dello sforzo di trazione alla carica totale (carro compreso), su diverse strade.

(Risultati delle esperienze fatte dai Sigg. Boulard, Rumford, Régnier, ecc).

Natura della via supposta orizzontale	Rapporto dello sforzo di trazione alla carica totale.
Terreno naturale, non battuto ed argilloso.	0,250
Terreno naturale, siliciosο e gessoso.	0,165
Terreno forte, battuto e *molto levigato*.	0,040
Strada con massicciata di sabbia e pietrisco, di fresco formata	0,125
Strada inghiaiata allo stato di manutenzione ordinaria	0,080
id. id. *perfettamente* mantenuta.	0,033
. . . .	
Strade ferrate con guide salienti (ruotaie) in buono stato di manutenzione	0,007
id. id. *perfettamente* mantenute.	0,005

Da questo quadro si ricava che per trascinare un carro di una tonnellata sopra una strada orizzontale, è necessario uno sforzo variabile dai 33 ai 125 Chilogrammi allorquando le ruote poggiano su di una strada ordinaria, mentre uno sforzo di 5 a 7 kilogr. basterà se le ruote poggiano sopra guide salienti (ruotaie). Ammettendo dunque le circostanze le più sfavorevoli, può ritenersi che la quantità di aderenza del ferro contro ferro (sistema ordinario), stà alla quantità di aderenza del ferro sul

terreno battuto (sistema Cottrau) nel rapporto di 7 : 33 ossia all'incirca di 1 : 5.

Rigorosamente questa conchiusione non è esatta, non essendo vero che le quantità di aderenza sieno proporzionali agli sforzi di trazione; ma se si considera che le quantità di aderenza sono *sensibilmente* proporzionali alle resistenze vinte, il rapporto di 1 : 5 potrà essere alquanto debole, ma non potrà certo aumentare al di là di 1 : 4.

Ma ammettiamo ancora che l'aderenza del motore si riducesse a quella delle locomotive ordinarie, cioè ad $\frac{1}{6}$ del peso aderente, ed assimiliamo i risultati che si otterranno col sistema-Cottrau a quelli che abbiamo già constatati per le locomotive stradali. Bisognerà quindi supporre: una macchina del peso di 13 tonnellate; la velocità tra 4 ed 8 Chilometri all'ora; il consumo del carbone di 500 kilogr. per 10 ore di lavoro effettivo.

Le cariche che potranno trascinarsi saranno:

120 a 160 tonnellate con pendenze inferiori a $0^m,025$ per metro
100 id. con pendenze del $0^m,080$ p. m.
48 id. id. $0^m,120$ p. m.
ossia, al *minimo* 3,6 volte il peso del motore ed al *massimo* 10 volte questo medesimo peso (1).

Se raddoppiamo la velocità del convoglio, e sia questa cioè di 16 Chilometri all'ora sulle pendenze inferiori al $0^m,025$, e di 8 Chilometri all'ora sulle più forti pendenze, noi potremmo ammettere a rigore la metà dei risultati precedenti; ma ritenendone solo il terzo, devesi in ogni modo constatare una molto grande superiorità nel modo di trazione che propone il Sig. Cottrau per le strade ferrate economiche.

La velocità sulle linee del 3.° ordine è una quistione secondaria, egli è vero; ma non si potrebbero accettare le infime velocità fornite dalle locomotive stradali, in quelle località che possono presentare un mediocre

(1) Non si dimentichi che nel sistema Cottrau la resistenza della carica alla trazione è il quarto di quella che producesi col sistema delle locomotive stradali.

traffico. La grande velocità delle linee di 1.° ordine sarebbe eccessiva, impossibile ad ottenersi con le condizioni di tracciato delle linee economiche, e finalmente sarebbe assolutamente inutile; oltre a che, la produzione del vapore aumentando e più rapidamente in ragione dell'aumento di velocità, il consumo dell'acqua e del combustibile ne verrebbe aumentato, e le spese di trazione non sarebbero più in rapporto col prodotto della carica rimorchiata. Per modo che col sistema Cottrau otterremo un altro vantaggio immenso ed economico, quello di una velocità media.

È da notarsi altresì che la velocità ridotta e media proposta dall'Ing. Cottrau è più che sufficiente, massime se si osserva che col sistema ordinario e con pendenze relativamente deboli (0m,025 linea Bologna-Firenze, 0m,035 Semmering, e Genova-Alessandria) non si cammina che a 16 o 20 Chilometri all'ora anche con i treni diretti. Si osservi egualmente che con le Diligenze ordinarie, non si fanno più di 8 Chilometri all'ora in pianura, e soltanto 3 o 4 Chi-

lometri all'ora in paese di montagna. Sicchè i viaggiatori avranno sempre col sistema Cottrau una velocità doppia di quella che essi avrebbero con le diligenze, ed una velocità *pressochè eguale* a quella delle strade ferrate ordinarie su forti rampe.

Passiamo ora all'analisi di questo sistema al punto di vista puramente economico.

Il Cav. Cottrau crede potere asserire, dietro gli studii coscienziosi che egli ha fatti in proposito, che si possono impiantare, secondo i suoi progetti, le linee del 3.° ordine con la spesa di 20,000 a 45,000 lire circa a chilometro, *compresovi il materiale mobile* (1). Il limite di 45,000 lire sem-

(1) Il limite di 20,000 lire corrisponde al caso di una linea impiantata per intero su di una strada carrettiera già esistente; quello di 45,000 lire risponde invece al caso in cui la via deve seguire un tracciato interamente diverso da quello delle strade ordinarie.

Ecco un ragguaglio della spesa approssimativa per ogni Chilometro di via, nella prima ipotesi di 20,000 lire:

Piattaforma stradale	L.	10,000
Doppio binario delle Stazioni	»	1,000
Materiale fisso	»	1,200
idem mobile	»	5,000
Fabbricati, passaggi a livello e siepi	»	2,800
Totale	L.	20,000

Egli è evidente che gli articoli a *Materiale fisso* e *Ma-*

bra a tutta prima troppo debole, ma egli è facile convincersi che non è esagerato. Abbiamo detto che il tracciato seguirebbe l'andamento delle strade consolari già esistenti, per quanto è possibile. Una tale disposizione genera naturalmente: nessuno acquisto di terreni o quasi nulla, assenza di tunnel, rarità di opere d'arte importanti, soppressione d'un gran numero di passaggi a livello, riduzione nel personale della manutenzione e dell'Amministrazione, ec. (1). Dall' altro lato l' armamento della strada ed il materiale mobile sono leggierissimi.

Le spese di trazione per una giornata

teriale mobile » sono soggetti alle variazioni del traffico, ma è pure importante di osservare che un aumento, benchè sensibile, nel traffico non produce che un debole aumento proporzionale nella spesa relativa ai due articoli in parola.

(1) Facciamo osservare ancora, in quanto al personale dell'Amministrazione, che allorquando le linee del terzo ordine, stabilite a seconda di questo sistema con la larghezza di 1^{m},50 nel binario, si collegano direttamente con una delle loro estremità ad una linea del primo o del secondo ordine, il personale della stazione comune può facilmente aiutare l'esercizio della piccola linea; locchè permette di sopprimere un fabbricato speciale pel movimento dei viaggiatori e delle mercanzie della diramazione.

di 10 ore effettive di lavoro si riducono alle seguenti:

Carbone 500 chilogrammi a L. 45 la tonnellata. . . .	22, 50
Olio e grasso	2, 50
Macchinista	5, 00
Ammortizzazione e riparazione a ragione del 20 % all' anno, ammettendo che la macchina lavori 250 giorni e che resti 110 giorni all' anno in riparazione	15, 36
(La locomotiva di 13 tonnellate di questo sistema costa circa 14,000 lire).	
Interessi al 5 % come sopra	3, 84
Totale L.	49, 20

Supponendo dunque una linea di questo sistema con pendenze di $0^m,080$ per metro, di una lunghezza di 20 Chilometri, ed un traffico giornaliero di sole 20 tonnellate di mercanzia nei due versi, cioè 40 ton-

nellate in tutto (il peso lordo del convoglio risultando all'incirca di 31 tonnellate), ogni tonnellata di mercanzia costerà alla trazione approssimativamente 0,061 per ogni chilometro percorso su pendenze così esaggerate (1).

Il trasporto di una tonnellata-merci sulle strade ordinarie, con i carretti, costerebbe almeno 0,30 a Chilometro, e sulle Ferrovie ordinarie, con tali *pendenze* eccessive, tal prezzo sarebbe ancora più elevato.

Noi ammetteremo come prezzo medio

(1) Il lettore non dimentichi che tutti i nostri calcoli approssimativi sono basati sulla ipotesi molto sfavorevole di una ferrovia economica di soli 20 Chilometri di lunghezza con pendenze del 0,080 per metro, e che il servizio venga fatto da una locomotiva di 13 tonnellate, alla quale macchina si fanno trascinare sole 20 tonnellate di mercanzia invece di 100 tonnellate di che sarebbe capace giusta quanto precedentemente venne stabilito. Intendesi di leggieri, che trattandosi di un traffico così meschino come quello della nostra ipotesi, non havvi bisogno di una macchina tanto potente, e che una locomotiva di 6 tonnellate sarebbe più che sufficiente. — Da ciò consegue una notevole diminuzione nelle spese di trazione; e quindi il prezzo di tariffa Chilometrica dovrà diminuire proporzionatamente.

Il prezzo chilometrico di L.0,061 della trazione deve quindi essere considerato come un *massimo*, che potrà raggiungersi, tutto al più, quando il traffico sarà scemato fino al *minimo* contemplato nella nostra ipotesi.

di tariffa dell'unità tonnellata-Chilometro quello di $0^L,10$, ed il prodotto lordo giornaliero sarà nell'ipotesi precedente

$$40^T \times 20^{Km} \times 0^L,10 = 80^L.$$

e se il prezzo medio di tariffa fosse di $0^L,15$, il che non sarebbe ancora esagerato, si avrebbe un prodotto lordo giornaliero di

$$40^T \times 20^{Km} \times 0^L,15 = 120^L.$$

Se deduciamo da questi prodotti le spese di trazione, si scorgerà che il prodotto netto è sempre abbastanza elevato per coprire tutte le spese, e per guarentire gl' interessi delle Compagnie, anche nel caso di un traffico così mite quanto quello che abbiamo ammesso.

I limiti di una pubblica lettura non mi permettono di mettere in parallelo il sistema-Cottrau con tutti i sistemi che furono finora proposti per le strade ferrate economiche. Mi contenterò solo di riferire in riassunto le opinioni che espressero sull'oggetto varii distinti ingegneri italiani.

Il Sig. Colombo, nel forbito articolo dell' *Annuario Scientifico*, già da noi citato, dice che « le linee economiche già in eser-

« cizio all'estero offrono tutte, più o meno,
« degli inconvenienti che non le permet-
« tono di diventare un tipo generale su-
« scettibile di essere adottato dapertutto,
« e per conseguenza in Italia ; che il
« sistema Larmenjat, del quale vedesi
« da pochi mesi un'applicazione nella linea
« francese Le Raincy-Montfermeil, e che
« si fonda sullo stesso principio del sistema
« Cottrau, non dà nemmeno la convinzione
« d'un successo pratico probabile, stantechè
« la diminuzione di resistenza alla trazione,
« che il Sig. Larmenjat pretende ottenere
« facendo gravitare la maggior parte della
« carica sopra una ruotaia centrale, ci sembra
« illusoria, riflettendo che quattro ruote
« sopra sei in ogni vagone poggiano sul
« terreno battuto ; e da un altro lato
« questa resistenza potendo variare fra li-
« miti molto estesi, la forza di trazione
« non ne sarà favorita; finalmente che non
« può sussistere il paragone fra i sistemi
« Larmenjat e Cottrau, giacchè il principio
« ammesso come *mezzo* nel primo sistema,
« vien spinto nel secondo fino alle sue

« ultime conseguenze. Il sistema Cottrau è
« *perfetto* nel suo genere; è desso il più
« semplice ed il più ingegnoso fra tutti i
« sistemi finora proposti per ottenere un'a-
« derenza proporzionale alla forza di tra-
« zione; e se i dati ammessi dal Sig. Cot-
« trau sono esatti, cioè che l'aderenza delle
« ruote sul terreno battuto è 4 o 5 volte
« maggiore di quello che si produce sulle
« ruotaie, l'accoppiamento di sei ruote di
« una locomotiva ordinaria non potrebbe
« eguagliare l'effetto che si otterrebbe col
« sistema Cottrau ».

L'eminente ingegnere meccanico Ruva, in una lettera diretta al Signor Cottrau, approva completamente il sistema, e solo accenna qualche dubbio sulla possibilità di ottenere con questo tipo di locomotiva mista un'aderenza più di 4 volte maggiore di quella che si ottiene, a condizioni eguali di peso e di forza, con una locomotiva ordinaria sulle ruotaie. — Abbiamo dimostrato che questo dubbio non può reggere, e nel caso improbabile in cui l'aderenza fosse soltanto raddop-

piata, abbiamo fatto vedere la superiorità ed i vantaggi del motore Cottrau sulle Strade Ferrate economiche.

Il Signor Biglia ha provato, nel suo rapporto circa le linee di 3.° ordine già in esercizio, che ben poche son quelle che danno un utile agli azionisti, e ne deduce che in Italia non sarà possibile d'impiantare queste linee come quelle dell'estero, con una qualche probabilità di successo, se non nel caso eccezionale di un traffico che produca la somma lorda annua di 7 ad 8 mila lire a chilometro. I risultati che abbiamo ottenuti nonostante le ipotesi le più sfavorevoli ammesse nel calcolo delle spese di trazione e dei prodotti di una piccola linea del sistema Cottrau, ci permettono di credere infondato il limite stabilito dal sig. Biglia, e ci sembra al contrario che è sempre possibile di proporzionare le spese di esercizio al traffico.

Da quanto abbiamo esposto e dall'analisi precedente crediamo potere asserire che il sistema Cottrau merita di fissare

la più seria attenzione del governo, delle provincie e dei comuni, in quanto che esso apre un nuovo e vastissimo campo alla soluzione del problema delle strade ferrate economiche; e che un' applicazione sperimentale di questo progetto (1) riuscirebbe utilissima in Italia, non solo per potere constatare il fatto in sè stesso, ma per dedurne eziandio tutte quelle conseguenze di cui esso è suscettibile.

Giunto a questo punto, egregi signori, chiuderò questi brevi cenni colla sommaria descrizione della locomotiva mista del sistema Cottrau.

La locomotiva mista dell' ing. Cottrau, quantunque imitata come apparenza esterna dalle locomotive stradali sistema Feugère, ne differisce pertanto essenzialmente per molte particolari ed ingegnose disposizioni.

(1) Un piccolo esperimento del sistema Cottrau, per una Compagnia di strade ferrate costerebbe soltanto la lieve somma di 14,000 lire, delle quali 10,000 per l'acquisto del motore e 4000 per l' armamento di 2 Chilometri di via. In ultima analisi, e nel caso poco probabile di non riuscita, il motore potrebbe servire da locomobile. Ad un particolare un simile esperimento non costerebbe al di là di 20,000 lire.

Come abbiamo già detto, questa macchina racchiude i vantaggi delle locomotive ordinarie e quelli delle locomotive stradali. Essa si compone di due parti distinte: l'*avan-treno*, o Corpo della macchina ed il *retro-treno* (1).

Il *retro-treno*, mobile intorno ad un asse verticale per agevolare il passaggio della locomotiva nelle curve di piccolo raggio, si congiunge al corpo principale della macchina mediante un gioco a noce (detto dai francesi *joint universel à coquille*), e si appoggia sulle ruotaie per mezzo di due ruote verticali.

L'avan-treno, sul quale gravita il peso *quasi totale* della macchina, si appoggia sull'asse delle ruote motrici che, come già si sà, scorrono sul corpo stradale compreso fra le ruotaie. Dietro ed avanti le ruote motrici vi è una coppia di piccole ruote

(1) In questo sistema le ruote motrici agiscono tirando e non già spingendo, come avviene generalmente nelle locomotive stradali; e però ho creduto dover conservare il nome di *avan-treno* a quella parte del motore che trovasi di fatto in testa al treno. Il nome di *retro-treno* venne quindi dato in opposizione ad *avan-treno*.

che incontrano le ruotaie sotto un angolo di 45.º, e che vengono denominate dai francesi *galets directeurs*. Il loro uffizio è quello di evitare che la macchina esca dal binario, di assicurare il rotolamento delle ruote motrici nello spazio a loro destinato, e finalmente di evitare (massime nelle curve) che le ruote motrici vengano ad appoggiarsi contro alle ruotaie, il che sarebbe naturalmente un grave inconveniente.

Il telaio (chassis) e le lungherine, ai quali sono collegati i varii pezzi della macchina, sono in lamiera di ferro.

La caldaia verticale è del sistema Belleville; essa fa parte dunque della famiglia delle caldaie a vaporizzazione rapida, e la pressione del vapore può farsi giungere in queste a 12 atmosferi senza pericolo alcuno di scoppiamento.

L'alimentazione della caldaia si fà mediante due injetori Giffard. L'acqua di alimentazione è contenuta in uno spazio annulare cilindrico concentrico al corpo della caldaia. L'altezza di questo anello

è uguale alla metà della distanza compresa tra l'origine della ciminiera e la base della caldaia; finalmente la base dell'anello si adatta su quella della caldaia.

I cilindri a vapore ed i loro accessori sono situati lateralmente al telaio principale e superiormente all'asse delle ruote motrici.

Gli stantuffi, invece di attaccare direttamente le ruote motrici, fanno girare un albero sul quale trovansi due rocchetti (pignons) di diametro differente (1).

Ognuna di queste ruote ingrana una ruota d'ingranaggio fissata sull'asse delle ruote motrici. Queste ruote ingranate sono pure di diverso diametro.

Tutti i diametri poi sono calcolati in guisa che si possono ottenere due velocità estreme: di 8 Chilometri all'ora col più piccolo rocchetto, e 18 Chilometri all'ora col più grande. Finalmente questi rocchetti sono

(1) Tale disposizione è assai vantaggiosa per eliminare il caso di rottura dell'albero motore: si sà da tutti che questo pezzo è il più esposto in una macchina qualunque allo sforzo di rottura.

resi solidarii dell'albero della macchina, a seconda del bisogno, mercè un manicotto imbracato la di cui leva è situata a portata del macchinista.

La trasmissione mediante gl'ingranaggi è stata sempre considerata come inapplicabile alle locomotive, sia a cagione della gran perdita di lavoro del motore, sia per la minor regolarità del movimento che si consegue, e sia ancora per altri inconvenienti. Egli è strano pertanto l'osservare che la *quasi totalità* delle locomotive stradali in uso oggi giorno sono provvedute d'ingranaggi. La ragione stà in quanto che essendosi riconosciuto imprudente di fare agire gli stantuffi direttamente sull'albero delle ruote motrici, allorquando queste ruote debbono poggiare sul terreno battuto, si dovette inevitabilmente ricorrere ad una trasmissione indiretta. — Ma quale deve essere questa trasmissione? Nessuno potrebbe dirlo con certezza; l'esperienza non ha ancora consacrata la preferenza che deve darsi a un sistema piuttosto che ad un' altro. La catena di Galle, la catena a grossa

maglia (macchina del Sig. Lotz), l'ingranaggio con vite perpetua (sistema Larmanjat) hanno certo i loro vantaggi, ma tali disposizioni non sono esenti d'inconvenienti; è anche provato che la perdita di lavoro cagionata dalle catene è superiore a quella che si ottiene mediante gl'ingranaggi; per modo che noi non accenniamo il modo di trasmissione del sistema Cottrau come il migliore in un senso assoluto, ma solamente come quello che relativamente offre più probabilità di successo. D'altronde si ha da tener conto dei dettagli di costruzione che dà il Sig. Cottrau circa le ruote d'ingranaggio del suo motore.

I rocchetti sono in ferro battuto; i denti sono tagliati a macchina; essi portano sulle loro faccie laterali interne dei denti leggiermente conici, dei quali si conoscerà fra poco l'uffizio. Le ruote fissate sull'albero delle ruote motrici sono in ferro fuso ed i loro denti sono racchiusi fra due guancie. Oltre a che, queste ruote sono fatte in due pezzi riuniti mediante forti

bulloni o perni a vite, affinchè si possano montare e smontare sull'albero con la massima sollecitudine. Il manicotto d'imbrancamento è di ferro battuto e temprato; le sue due faccie laterali esterne sono armate di denti leggermente conici che corrispondono con i denti simili dei due rocchetti. Il manicotto gira con l' albero della macchina, ma possiede su quest'albero il movimento di traslazione che gli è comunicato da una leva posta a portata del macchinista.

Nelle pendenze, il machinista pone nel mezzo il manicotto imbracato, in modo da arrestare completamente la trasmissione della potenza alle ruote motrici; vengono così eliminati gli attriti inutili ed il consumo degli stantuffi e delle guarniture.

La locomotiva è fornita di un freno possente che agisce sulle ruote motrici. Nei casi di urgenza la macchina stessa servirà da freno senza rovesciamento di vapore: l'introduzione del vapore essendo chiusa, e la leva del cambiamento di mo-

vimento posta nel mezzo, l'aria preme sulla superficie degli stantuffi per mantenerli in equilibrio; l'azione di questi sarà tanto più energica in quanto che quella delle ruote d'ingranaggio trovasi totalmente rovesciata.

Abbiamo precedentemente indicato quanta aderenza utile può sperarsi nel motore del sistema Cottrau, egli è intanto utile di soggiungere che sopra le linee in cui le pendenze fossero tutte molto forti, cioè a dire comprese fra 0m,04 e 0m,12 per metro, questo ingegnere propone di soprapporre al cerchione delle ruote motrici una fascia di caout-chouc dello spessore di 0m,12, il che darà maggior sicurezza all'aderenza, qualunque sia lo stato della via, e che toglierà qualsiasi possibilità di scivolamento. Questo mezzo è lo stesso che il signor Thompson di Leith (Inghilterra) ha testè adottato per le sue locomotive stradali che erano destinate a vincere delle rampe che giungevano fino a 0m,12 per metro. Le esperienze fatte dal Sig. Thompson ad Edimburgo furono decisive sotto questo

riflesso: le ruote motrici delle sue macchine non hanno mai scivolato, neanche sopra strade selciate con pendenza di $0^{m},08$ per metro, o sopra strade inclinate ricoperte da un piccolo strato di ghiaccio.

Il Sig. Cottrau propone altresì, *ma solo a titolo di esperimento,* di coprire il corpo stradale compreso fra le ruotaie con uno strato di asfalto di Sardegna. Questo asfalto che costa pochissimo è meno sensibile degli asfalti ordinarii alle variazioni della temperatura, e può sempre ridursi a quel grado di tenacità che si desidera. La manutenzione della piattaforma sarebbe così più economica, non avrebbesi da temere il fango, e lo scolo delle acque piovane sarebbe facile ad ottenersi in un modo completo.

La descrizione che abbiamo data si applica al tipo generale delle locomotive miste del sistema Cottrau; daremo adesso qualche dettaglio particolare intorno alla macchina sperimentale di 3 tonnellate. (questa locomotiva con gli approviggionamenti pesa 3,600 Kilogr.)

Il rocchetto maggiore ha $0^m,500$ di diametro, e la ruota d'ingranaggio corrispondente ha il diametro di $0^m,760$.

Il rocchetto minore ha $0^m,270$ di diametro, e la ruota d'ingranaggio corrispondente $0^m,950$.

Ricorderemo che la prima di queste coppie d'ingranaggio serve per camminare con la velocità estrema di 18 Chilometri all'ora; e che la seconda corrisponde alla velocità di 8 Chilometri all'ora.

Le velocità intermedie sono ottenute mediante il regolatore e l'espansione.

Premessi questi dati, avremo:

1.° Per una velocità di 18 Chilometri all'ora da applicarsi sulle pendenze inferiori a 0^m015 per metro:

Lo spazio percorso in ogni minuto sarà 300^m. Il diametro delle ruote motrici essendo di $1^m,10$, la loro circonferenza sarà di 3^m450, e quindi il numero di giri al minuto che dovran fare queste ruote motrici sarà

$$\frac{300}{3,450} = 87;$$

e l'albero della macchina farà

$$\frac{0{,}76 \times 87}{0{,}56} = 132 \text{ giri circa al minuto.}$$

La corsa degli stantuffi essendo di $0^m,20$ la loro velocità a minuto secondo sarà

$$\frac{0{,}20 \times 2 \times 132}{60} = 0^m{,}90$$

Il numero di colpi semplici degli stantuffi sarà per minuto 270.

Il diametro degli stantuffi è di $0^m,12$; l'ammissione del vapore la metà della corsa dello stantuffo; la pressione affettiva del vapore 8 atmosfere (1).

La superficie dei due stantuffi presi assieme essendo di 226 centimetri quadrati, la pressione effettiva sopra ogni centimetro quadrato sarà di 8 Chilogrammi circa, e la pressione motrice totale risulterà di

$$226 \times 8 = 1808 \text{ Chilogr. circa}$$

La resistenza totale alla trazione che questa macchina potrà vincere sarà

(1) La quistione del motore poggiava interamente sulla possibilità di ottenere una pressione così elevata. Ciò motivò la scelta della caldaia del sistema Belleville; qualunque altra caldaia non potrebbe raggiungere un tale risultamento.

$$\frac{1808 \times 0{,}20 \times 0{,}76}{0{,}50 \times 1{,}10} = 499, \text{ Chil. } 66,$$ ovvero 500 Chil. circa.

Ammettendo che sulla pendenza del $0^m 015$ per metro la locomotiva consuma 130 Chilogrammi (1) per trascinar sè stessa, resteranno ancora disponibili per il convoglio

$$500 - 130 = 370 \text{ Chilogr.}$$

Ora per trascinare *sulle ruotaie* il peso di una tonnellata, con la medesima pendenza del $0^m,015$ (l'ampiezza delle curve dipendendo esclusivamente dal tipo adottato per il materiale mobile) bisognano *al più*

$$4^K + 15 \times 0^K, 90 = 17^K, 50 \ (2).$$

(1) Questo numero rappresenta il *maximum* di resistenza che possa presentare una locomotiva alla trazione; è quello che si verifica soltanto nel primo istante del movimento, partendo il convoglio dal riposo; noi lo riterremo non pertanto come costante durante tutto il corso della linea, affinchè i risultati dei calcoli sieno effettivamente considerati come dei *minimum*.

(2) Questa formola venne stabilita ammettendo una resistenza di 4 Chilogr. per tonnellata sopra una via orizzontale, ed un aumento di 0^K, 90 per tonnellata per ogni millimetro di pendenza per metro. Le esperienze eseguite sulle ferrovie dell'Est in Francia, dai Sigg. Vuillemin, Ghébard e Dieudonné, hanno constatato che questo aumento per ogni millesimo di pendenza è *esattamente* di 1 Chilogr. per tonnellata. Ciò non dimeno riteniamo esatta la formola

La macchina potrà dunque trascinare una carica di

$$\frac{370}{17,5} = 22 \text{ tonnellate circa.}$$

Sull'orizzontale, e sempre con velocità

sú esposta, giacchè il primo termine 4^K è troppo forte, e che d'altronde, per velocità inferiore a 25 Chilometri all'ora, l'aumento di resistenza per ogni millesimo di pendenza è effettivamente inferiore ad 1 Chilogr. per tonnellata.

Troviamo da un'altra parte che queste esperienze eseguite nel 1867 sulle ferrovie dell'Est hanno stabilito:

Che per convogli di mercanzia, con pendenze da 0^m,001 a 0^m,020 per metro, con curve di 400^m di raggio, e con velocità tra 10 e 30 Chilometri all'ora, la resistenza media alla trazione è di 3^K, 55 per tonnellata;

Che per convogli di viaggiatori, con pendenze da 0^m,001 a 0^m,010 per metro, con velocità tra 24 e 77 Chilometri all'ora, la resistenza media è di 8^K 65 per tonnellata;

E finalmente che la resistenza dei treni in generale aumenta rapidamente con la velocità, e che per un treno *express* di 8 wagoni, con la velocità di 76 Chilometri all'ora, questa resistenza può giungere fino a 14^K, 55 per tonnellata.

Abbenchè il modo di trazione delle grandi linee differisca essenzialmente da quello che propone il Sig. Cottrau, pure il numero 17^K, 50 dato dalla formola è talmente inferiore ai risultati che abbiamo ora riferiti, che facilmente si potrà accettare 17^K, 50 come un *massimo*, nel quale implicitamente si tien conto di tutte le circostanze sfavorevoli che presentar possono alla trazione le linee economiche, di cui le pendenze non eccedano 0^m,015 per metro, e sulle quali la velocità sia *massima* quando avrà raggiunto il limite di 18 Chilometri all'ora,

di 18 Chilometri all'ora, la macchina potrebbe trascinare, in un dato momento, circa 92 tonnellate. Ma questo risultato non potrebbesi raggiungere in pratica, imperocchè sarebbe impossibile di mantenere la pressione effettiva della caldaia ad 8 atmosfere.

2.° Per una velocità di 8 Chilometri all'ora da applicarsi sulle pendenze superiori al 0^m,015 per metro:

Lo spazio percorso al minuto sarà

$$\frac{8,000}{60} = 133^m$$

Le ruote motrici faranno quindi

$$\frac{133}{3,45} = 38 \text{ giri per minuto,}$$

e l'albero della macchina farà

$$\frac{0,95 \times 38}{0,27} = 132 \text{ giri circa, come nel}$$

caso precedente.

La pressione effettiva della caldaia essendo sempre di 8 atmosfere, la resistenza totale alla trazione che la macchina potrà vincere sarà

$$\frac{1808 \times 0,20 \times 0,950}{0,27 \times 1,10} = 1210 \text{ Chil. circa,}$$

Ammettendo che per trascinare sè stessa su di una pendenza di $0^m,045$ per metro, la macchina consuma 240 Chilogrammi (1), resteranno quindi disponibili per il convoglio

$$1210 - 240 = 970 \text{ Chilogr. circa.}$$

Ora per trascinare *sulle ruotaie* il peso di una tonnellata, con pendenza di $0^m,045$ per metro, abbisognano *al più*

$$4^K + 45 \times 0^K,90 = 44^K,50 \text{ (1)}$$

Laonde, con la velocità di 8 Chilometri all'ora e con pendenza del $0^m,045$ per metro, la macchina trascinerà un convoglio di

$$\frac{970}{44,5} = 22 \text{ tonnellate circa.}$$

Con la pendenza del $0^m,075$ per metro, la macchina potrebbe ancora trascinare 12 tonnellate con la medesima velocità di 8 Chilometri all'ora.

Dietro questi calcoli e questi risultamenti, può facilmente argomentarsi qual lavoro utile debbano sviluppare delle lo-

(1) Vedi note precedenti.

comotive miste dello stesso sistema e del peso di 6, 8, 10 ed anche 13 tonnellate.

Ma per mostrare in un modo più evidente la superiorità di questo motore sulle locomotive stradali in uso, citerò a titolo di paragone, le notizie fornite sù di esse dall'*Année Scientifique et industrielle* (Parigi 1867 e 1868) e dall'*Annuario Scientifico* (Milano 1868).

Per ogni cavallo-vapore di forza, si è trovato in generale:

Che il peso delle locomotive stradali inglesi è di 960 Chilogr.; e che quello delle locomotive stradali francesi è di 650 Chilogr.;

Che la carica trascinata dalle macchine inglesi è di 2 a 3 tonnellate, e che quella trascinata dalle macchine francesi è di 1,20 a 1,50 tonnellata.

La Macchina Albaret del peso di tonnellate 10,80 trascina in media 12 tonnellate, con la velocità di 4 a 6 Chilom. all'ora, e con pendenze di $0^m,05$ a $0^m,06$ *al maximum* per metro. Sull'orizzontale questa locomotiva trascina soltanto 20 tonnellate.

La macchina stradale del Sig. Lotz, della forza di 15 cavalli — vapore e del peso di 10 tonnellate, con la velocità media di 16 Chilometri all'ora, e con pendenze inferiori a $0^m,04$ per metro, trascina una carica di 4 tonnellate e 1/2; e con la velocità di 6 Chilometri all'ora non può trascinare più di 16 tonnellate. D'altronde le spese di trazione di questa locomotiva variano fra 14 e 64 centesimi per ogni tonnellata-chilometro.

Nel sistema Larmenjat la velocità media è di 6 Chilometri all'ora. Con la velocità di 16 Chilometri all'ora e con pendenza massima di $0^m,07$ per metro, la locomotiva di questo sistema non può rimorchiare che il proprio peso (1).

(1) L'applicazione del sistema Larmenjat sulla linea Le Raincy-Montfermeil fa nascere una osservazione abbastanza importante; cioè, che se non si è obbiettato per questo sistema le degradazioni indispensabili prodotte sulla via da tutte le ruote del convoglio poggianti sul terreno, non si dovrà tener conto dell'insignificante degradazione che possono arrecare alla via le sole ruote motrici del sistema Cottrau; tanto più che queste ruote essendo molto *larghe* e la macchina *leggierissima*, si svilupperà per ogni centimetro quadrato di superficie stradale, una pressione

Aggiungendo queste ultime considerazioni a quelle che abbiamo già esposte relativamente agli altri sistemi in uso, al punto di vista economico dell'impianto e dell'esercizio, e potremo conchiudere con l'Ingegnere Colombo: che il sistema di strade ferrate economiche proposto dal Sig. Cottrau è finora il più semplice ed il più economico fra tutti i sistemi, ed il solo che risponda con un vero profitto all'importante destino delle linee del terzo ordine.

molto inferiore (almeno 8 volte) a quella che si produce giornalmente sulle strade ordinarie dai carri di un carico medio. Riesce dunque evidente che le deformazioni della piattaforma saranno insensibili; dippiù, che non si ha a mantenere in buono stato che una zona di solo $1^{m},50$ di larghezza, ciò che si otterrà facilmente ed economicamente facendovi passare sopra, di quando in quando, un cilindro compressore.

I Dirett. della *Scienza del Popolo* F. GRISPIGNI, L. TREVELLINI IN FIRENZE

Editore E. TREVES MILANO

ANNUARIO
SCIENTIFICO ED INDUSTRIALE

FONDATO NEL 1865

dagli Editori della Biblioteca Utile

Quest'ANNUARIO rende ogni anno conto delle novità scientifiche, specialmente dell'Italia, in un grosso volume di otto a novecento pagine, con numerose incisioni. Diretto dal prof. *F. Grispigni* e dall'ing. *L. Trevellini*, tutte le materie sono affidate ad altrettanti scrittori speciali scelti fra i più distinti professori delle università italiane, e precisamente: per l'*Astronomia*, G. V. Schiaparelli; *Meteorologia*, F. Denza; *Fisica*, R. Ferrini; *Chimica*, A. Pavesi, F. Sestini; *Paleontologia e Antropologia*: G. Canestrini, L. Pigorini; *Zoologia ed Anatomia comparata:* Targioni-Tozzetti, A. Issel; *Botanica e Agraria*: G. Cantoni, A. Mariani; *Geologia:* G. Canestrini; *Medicina e Chirurgia:* A. De Giovanni, A. Moriggia; *Meccanica e Industria:* G. Colombo; *Ingegneria e Lavori pubblici:* C. Clericetti, L. Trevellini; *Geografia e viaggi:* E. Treves; *Arte militare; Marina; Congressi; Necrologia.*

Anno I. (1865). Un vol. di 572 pag. con 15 incis. . . . L. 4
Anno II. (1866). Un vol. di 768 pag. con 30 incis. . . . » 6
Anno III. (1867). Un vol. di 880 p. con 21 inc. e 7 tav. lit. » 5
Anno IV. (1868). Un vol. di 814 p. con 42 inc. e 3 tav. lit. » 5
Anno V. (1869) Un vol. di 900 p. con 30 inc. e 3 tav. lit. » 6